

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平7-55692

(43) 公開日 平成7年 (1995) 3月3日

(51) Int. Cl. ⁶

G 0 1 N 15/14

識別記号

P

庁内整理番号

F I

技術表示箇所

審査請求 有 請求項の数 7 F D (全 7 頁)

(21) 出願番号 特願平5-228332
(22) 出願日 平成5年 (1993) 8月20日

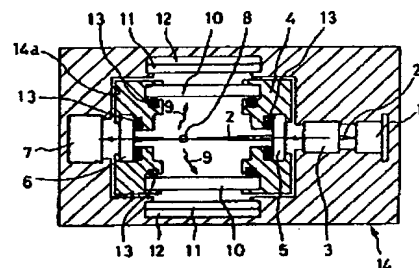
(71) 出願人 000227294
日電アネルバ株式会社
東京都府中市四谷5丁目8番1号
(72) 発明者 宮下 治三
東京都府中市四谷5丁目8番1号 日電アネ
ルバ株式会社内
(74) 代理人 弁理士 田宮 寛社

(54) 【発明の名称】 粒子検出装置

(57) 【要約】 (修正有)

【目的】 真空室で使用するガスの種類やプロセス温度に関係なく、安定して粒子の計測を行うことができ、半導体製造装置への設置およびそのメンテナンスを容易にした粒子検出装置を提供する。

【構成】 レーザ光線透過用窓5、6と散乱光取出し用窓10とを有する小型の検出用真空室4と、検出用真空室の外側の大気環境下に設けられ、レーザ光線透過用窓を通して真空室内にレーザ光線2を与えるレーザダイオード1と、真空室内で発生した散乱光9を散乱光取出し用窓を通して取り込んで検出するフォトセンサ12を含む粒子検出器14とを備える。検出用真空室4は真空室に対して取付けおよび取外しを自在に行える構造とする。粒子検出器14は単独ユニットとして形成され、検出用真空室の外側からこの検出用真空室に取り付けられ、粒子検出器は検出用真空室に対して取付けおよび取外しを自在に行える構造とする。



- | | |
|-------------|---------------|
| 1: レーザダイオード | 9: 散乱光 |
| 2: レーザ光線 | 10: 散乱光導出用窓 |
| 3: コリメータレンズ | 11: 光学フィルタ |
| 4: 小型真空室 | 12: フォトセンサ |
| 5: レーザ光導入用窓 | 13: オレンジ |
| 6: レーザ光導出用窓 | 14: 粒子検出器ユニット |
| 7: 光検出器 | 14a: 開口部 |
| 8: 微粒子 | |

【特許請求の範囲】

【請求項1】 処理が行われる真空室で発生する微粒子の数と大きさを検出する粒子検出装置において、前記真空室を形成する壁部の外側にその内部空間が前記真空室と通じた状態で取り付けられ、レーザ光線透過用窓と散乱光取出し用窓とを有する検出用真空室と、前記検出用真空室の外側の大気環境下に設けられ、前記レーザ光線透過用窓を通して前記検出用真空室内にレーザ光線を与える発光手段と、前記検出用真空室内で発生した散乱光を前記散乱光取出し用窓を通して検出する受光手段とを含む粒子検出器と、

を備えることを特徴とする粒子検出装置。

【請求項2】 請求項1記載の粒子検出装置において、前記検出用真空室は、前記真空室に対して取付けおよび取外しを自在に行える構造を有することを特徴とする粒子検出装置。

【請求項3】 請求項1または2記載の粒子検出装置において、前記粒子検出器は単独ユニットとして形成され、前記検出用真空室の外側からこの検出用真空室に取り付けられ、前記検出用真空室に対して取付けおよび取外しを自在に行える構造を有することを特徴とする粒子検出装置。

【請求項4】 請求項3記載の粒子検出装置において、前記粒子検出器のケースに開口部を形成し、前記検出用真空室を前記開口部に嵌め込むことにより、前記粒子検出器を前記検出用真空室に取り付けるようにしたことを特徴とする粒子検出装置。

【請求項5】 請求項1記載の粒子検出装置において、前記受光手段は、前記レーザ光線の光軸に対して直角に近い角度で発生した散乱光を検出する位置に配置されることを特徴とする粒子検出装置。

【請求項6】 請求項1記載の粒子検出装置において、前記受光手段は、前記レーザ光線の光軸に対して 10° ～ 70° の範囲に含まれる角度で発生した散乱光を検出する位置に配置されることを特徴とする粒子検出装置。

【請求項7】 請求項6記載の粒子検出装置において、前記レーザ光線透過用窓はレーザ光線導入用窓とレーザ光線導出用窓からなり、前記レーザ光線導出用窓と前記散乱光取出し用窓は兼用されることを特徴とする粒子検出装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】 本発明は粒子検出装置に関し、特に、半導体製造装置内で発生する塵等の微粒子を検出するための粒子検出装置に関する。

【0002】

【従来の技術】 現在の半導体製造プロセスにおいては、歩留りが製品の値段と信頼性を決定する。この歩留りは半導体製品を製造する装置内で発生する塵粒子と深い関係があり、半導体製造装置内で発生する塵粒子の数を極

力少なくすることが歩留りの向上につながる。つまり、塵粒子が多い環境下で半導体製品を製造すると、ウェハ上に塵粒子が付着する確率が上昇し、その結果、ウェハ上の配線パターンに欠陥を引き起こすなど、製品の不良率が増し、歩留りが減少する。現在のほとんどの半導体製造装置は、製品を製造する過程で真空室内に塵粒子を発生させ、それらは徐々に真空室内に蓄積される。そして、塵粒子の数が或る値以上になると製品の歩留りは或る値を下回り、製品を販売しても利益を得ることができない。従って、半導体製品を製造する際には半導体製造装置内で発生する塵粒子の数を常に把握し、それが上記の或る値（しきい値）に達した時点で半導体製造装置のメンテナンスを行い、真空室内部に蓄積した塵粒子を除く必要がある。

【0003】 塵等の微粒子を検出する一般的方法として、従来、光散乱方式がしばしば用いられる。光散乱方式とは、レーザ光線を塵粒子に照射したときに発生する散乱光を受光素子で検出し、微粒子の数や大きさ等を計測する方式である。

【0004】 半導体製造装置の内部の塵粒子発生状況を計測する場合においても、光散乱方式が用いられる。半導体製造装置における塵粒子の検出において光散乱方式を採用した従来技術の例として、特開平2-55937号公報に開示される小型粒子束モニタがある。この文献に開示される小型粒子束モニタでは、レーザダイオードから出射されたレーザ光線を集光レンズによって塵粒子検出区域で焦点を結ばせ、塵粒子がレーザ光線を横切るときにレーザ光を散乱させ、その散乱光をフォトダイオードによって捕集することにより塵粒子の数と大きさを計測するように構成される。

【0005】

【発明が解決しようとする課題】 真空中の微粒子を検出するための微粒子検出装置では、一般的に検出装置のすべてを真空室内に設置して使用しなければならないため、次のようないくつかの問題が提起される。

【0006】 まず、プラズマエッチング装置のように腐食性ガス雰囲気中で塵粒子の測定を行う場合、検出装置内に設けられたレーザダイオードやレンズ、フォトダイオード等を劣化させ、検出装置の寿命を著しく短くする点である。また、これらの光学部品等は非常に高価でかつ精密な部品であるために、それらを修理するには多大の経費と労力が必要である点である。さらに、プラズマCVDやスパッタ装置ではウェハ等を加熱しながら成膜を行うため、真空室の内部は数百度の高温状態にあり、この高温状態によって検出装置の部品が破損する点である。

【0007】 前述の従来の小型粒子束モニタは、その明細書に明示される通り、気体または液体中の自由な微粒子を高い応答性で検出することを主目的としており、真空中の微粒子を検出するための微粒子検出装置としては

本来不向きである。前述の検出装置をそのままで真空室内に設置すると、検出装置自体がガス放出源となり、半導体製品に悪影響を及ぼす可能性がある。しかし市販される実際の製品レベルでは、真空中でも使用できるように工夫が施されている。また上記のような高温環境の中で上記検出装置を用いると、レーザダイオードが破損してしまうため、プラズマCVDやスパッタ装置の真空室内部の塵粒子を計測することは困難である。

【0008】半導体製造装置において最も多くの塵粒子が発生する箇所は、真空室である成膜室またはエッチング室である。従って、真空室における塵粒子の発生状況を常に把握することは最も重視されなければならないのであるが、従来の塵粒子検出装置によれば、前述のように、真空室内における塵粒子の計測を行うことは可能であるが、エッチングのごとき反応性の強いガス雰囲気中や、プラズマCVDのような高温中で使用することは困難であった。

【0009】本発明の目的は、半導体製造装置等の真空室で発生する粒子の数と大きさを検出し、真空室で使用するガスの種類やプロセス温度の影響を受けることなく、安定して粒子の計測を行うことができ、しかも半導体製造装置への設置およびそのメンテナンスが容易な粒子検出装置を提供することにある。

【0010】

【課題を解決するための手段】本発明に係る粒子検出装置は、特定の処理が行われる対象の真空室で発生する微粒子の数と大きさを検出する粒子検出装置であり、真空室を形成する壁部の外側に、その内部空間が真空室と通じた状態で取り付けられ、さらにレーザ光線透過用窓と散乱光取出し用窓とを有する検出用真空室と、検出用真空室の外側の大气環境下に設けられ、レーザ光線透過用窓を通して検出用真空室内にレーザ光線を与えるレーザダイオードと、検出用真空室内で発生した散乱光を散乱光取出し用窓を通して取り込んで検出するフォトセンサとを含む粒子検出器とを備える。

【0011】前記の構成において、好ましくは、検出用真空室は、真空室に対して取付けおよび取外しを自在に行える構造を有する。

【0012】前記の構成において、好ましくは、粒子検出器は単独ユニットとして形成され、検出用真空室の外側からこの検出用真空室に取り付けられるものであり、また粒子検出器は検出用真空室に対して取付けおよび取外しを自在に行える構造を有する。

【0013】前記の構成において、好ましくは、粒子検出器のユニットケースに開口部を形成し、検出用真空室を開口部に嵌め込むことにより、粒子検出器ユニットを検出用真空室に取り付ける。

【0014】前記の構成において、好ましくは、フォトセンサは、レーザ光線の光軸に対して直角に近い角度で発生した散乱光を検出する位置に配置される。

【0015】前記の構成において、好ましくは、フォトセンサは、レーザ光線の光軸に対して $10^{\circ} \sim 70^{\circ}$ の範囲に含まれる角度で発生した散乱光を検出する位置に配置されること特徴とする。

【0016】前記の構成において、好ましくは、レーザ光線透過用窓はレーザ光線導入用窓とレーザ光線導出用窓からなり、レーザ光線導出用窓と前記散乱光取出し用窓は兼用される。

【0017】

10 【作用】本発明では、半導体製造装置等のウェハ処理が行われる真空室の内部に浮遊する微粒子を当該真空室の外部の大气側にて検出する粒子検出装置であって、測定の対象となる真空室に対して小型の検出用真空室を付設し、この小型真空室にレーザ光線導入用窓およびレーザ光線導出用窓（これらはレーザ光線透過用窓である）、微粒子によって散乱されたレーザ光線を検出用真空室外に導出するための散乱光取出し用窓とを設け、真空室から検出用真空室に飛来した微粒子がレーザ光線を横切った際に生じる散乱光を散乱光取出し用窓を通して検出用
20 真空室外に取出し、散乱光をフォトセンサで検出することによって真空室中の微粒子を検出するものである。また、フォトセンサの配置箇所としては、散乱光をもっとも有効に検出できる箇所が選択される。

【0018】

【実施例】以下に、本発明の好適な実施例を添付図面に基づいて説明する。図1は本発明に係る粒子検出装置の要部構造を示す断面図、図2は当該粒子検出装置の組付け状態を説明するための外観斜視図である。

【0019】本発明に係る粒子検出装置は、半導体製造装置の真空室を形成する容器の外側に取り付けられた例えば小型の検出用の真空室（以下、小型真空室という）と、この小型真空室に取り付けられる粒子検出器ユニットとで構成される。

【0020】図2において4は小型真空室であり、小型真空室4の下部は真空フランジ構造を有する。小型真空室4は、そのフランジ4aによって、図示しない半導体製造装置の真空室の容器壁部の外側に取り付けられ、小型真空室4の内部空間は開口部（図示せず）を介して半導体製造装置の真空室と通じている。半導体製造装置の
40 真空室の容器壁部に対し前記小型真空室4を取り付けることは、構造的に容易である。小型真空室4は、真空室に対して自在に取付けおよび取外しを行うことができる。この取付けおよび取外しの構造は任意の構造を用いることができる。図2で、小型真空室4の下部の空間は真空室である。小型真空室は、図2に示されるごとく、例えば立方体形状を有し、対向する2つの側壁部のそれぞれにレーザ光線導入用窓5（図1に示す）とレーザ光線導出用窓6が形成され、かつ残りの対向する2つの側壁部に散乱光導出用窓10が形成されている。レーザ光
50 線導入用窓5とレーザ光線導出用窓6は、レーザ光線

5

を、小型真空室内に透過させるための窓である。

【0021】図2において、矢印21は真空室側から飛来する微粒子（測定対象である塵等の粒子）の進行方向を示し、矢印22はレーザ光線の照射方向を示す。小型真空室4の内部空間は上記開口部を介して真空室と通じており、真空室と同じ減圧状態（真空状態）に保持される。上記の微粒子は上記開口部を通して小型真空室4の内部空間に入ってくる。

【0022】かかる形態を有する小型真空室4に対して、粒子検出器ユニット14が取り付けられる。本実施例の粒子検出器ユニット14は、小型真空室4から分離した独立の単独ユニットとして形成され、小型真空室4に対して着脱自在な形態および構造を有する。しかし、この構造に限定されることはなく、小型真空室4に組み付ける構造であってもよい。粒子検出器ユニット14の外観を形成するケースは、所定箇所にほぼ正方形の開口部14aを備える。この開口部14aは、図2に示すごとく粒子検出器ユニット14のケースの上面側から下面側に通じる孔である。粒子検出器ユニット14を小型真空室4に取り付けるときには、図2での矢印23に示されるごとく、開口部14aが小型真空室4に嵌合するようにして所定の位置に取り付ける。このような取付け状態において、図示しない結合手段で粒子検出器ユニット14は小型真空室4に固定される。すなわち粒子検出器ユニット14は、小型真空室4の外側部分（大気側）に付加的に設置される。

【0023】次に図1を参照して、粒子検出器ユニット14の内部構造と小型真空室4の内部構造とを、微粒子検出の作用と共に説明する。図1は、図2においてA方向から見た状態にて粒子検出器ユニット14および小型真空室4の各内部構造を断面図で示したものである。図1では粒子検出器ユニット14の開口部14aに小型真空室4が嵌合している状態を示し、粒子検出器ユニット14の内部構造と併せて関連する小型真空室4の内部構造を説明する。

【0024】粒子検出器ユニット14において、1はレーザダイオード（発光手段）であり、例えば光出力50mWのソニー製半導体レーザSLD201-3を用いることができる。このレーザダイオード1から発射されたレーザ光線2はコリメータレンズ3によって平行ビームまたはスポット状ビームに補正される。またコリメータレンズ3の他にシリンドリカルレンズを追加することによってシート状ビームを形成するビームコントロールユニットを作ることができる。このビームコントロールユニットによって粒子の検出確率を向上させることができる。

【0025】上記コリメータレンズ3を通過したレーザ光線2は、小型真空室4に取り付けられた上記レーザ光線導入用窓5から入射して小型真空室4の中を通過し、再び上記レーザ光線導出用窓6を通して入射側とは反対

6

側の箇所に出る。粒子検出器ユニット14の上記反対側の箇所には光吸収器7が配置され、レーザ光線導出用窓6から出たレーザ光線2は光吸収器7に入射する。光吸収器7は不必要な光が外部に漏れて微粒子測定誤差の原因となることを防ぐ目的で設けられ、入射した光を吸収するためのものである。

【0026】ここで、図2に示される矢印21の方向に基づき真空室から小型真空室4の中に微粒子が入ってきたとする。8が当該微粒子であり、微粒子8がレーザ光線2を横切る状態を示している。小型真空室4の内部をレーザ光線2が通過する際に、微粒子8がレーザ光線2を横切ると、散乱光9が発生する。散乱光9は、小型真空室4の側面に設けられた上記散乱光導出用窓10を通して外部に出たものが、粒子検出ユニット14に設けられた光学フィルタ11を透過して、ユニット内部に設けられた2つのフォトセンサ（受光手段）12のそれぞれによって検出される。フォトセンサ12は図1中上下の位置で両側に設けられる。この実施例によるフォトセンサ12では、その受光面がレーザ光線2の進行方向（光軸）とほぼ平行になっており、この受光面によって、発生した上記散乱光のうちレーザ光線2の進行方向に対して直角または直角に近い角度の方向に発生したもの（散乱光9）を検出するように構成されている。散乱光9を検出した各フォトセンサ12の出力信号に基づいて、微粒子8が散乱させる光の頻度と強度から、半導体製造装置の真空室の側から小型真空室4に飛来する微粒子の数とその大きさを計測することが可能となる。なお、図1および図2において、フォトセンサ12の検出信号を処理する処理回路の図示は省略されている。

【0027】また、フォトセンサ12の検出面の手前に配置された光学フィルタ11は、レーザ光線の散乱光以外の波長の光がフォトセンサ12に入射するのを防ぐためのものである。これによって微粒子検出装置を使用する環境下での様々な光が迷光としてフォトセンサに入射し、微粒子の計測誤差の原因となることを防止している。

【0028】小型真空室4には、前述のごとくレーザ光線導入用窓5、レーザ光線導出用窓6、散乱光導出用窓10が設けられているが、これらの窓には反射防止膜処理が施されている。またこれらの窓5、6、10に使用される部材は、使用しているレーザ光線2の波長に対して高い透過率を有する材質であることが必要である。さらにこれらの窓5、6、10は、気密性を保持するためにOリング13によって真空シールされている。

【0029】前述の通り小型真空室4の内部空間は真空状態になっており、真空状態では空気摩擦がない上に微粒子は数ミクロン以下と微小であるため、真空室内の微粒子は高速で小型真空室4内に飛来する。そして、微粒子8はレーザダイオード1から出射されるレーザ光線2を横切って散乱光9が発生させ、その散乱光9はフォト

センサ12によって検出される。

【0030】真空室内において腐食性ガスを使用するプラズマエッチング装置に本発明に係る粒子検出装置を適用する場合には、前述の通り、レーザダイオード1やフォトセンサ12等の重要な部品は、粒子検出器ユニット14内に組み込まれて大気側に設置されるので、これらの高価な部品が腐食性ガスによって劣化する心配はなく、さらに真空室内部が高温状態であってもレーザダイオード1等が異常に加熱されることはない。仮にレーザダイオード1等が真空室からの熱を受けて加熱されたとしても、レーザダイオード1は大気側に設置されているために、水冷手段あるいは空冷手段などの対策を容易に施すことができる。

【0031】また本発明に係る粒子検出装置はメンテナンス性にも優れている。粒子検出装置を長時間にわたって使用していると、微粒子が小型真空室の内部にも蓄積する可能性があるが、本発明の粒子検出装置のメンテナンスでは、小型真空室4を半導体製造装置の真空室から取り外して4つの窓を清掃するだけで済む。また、腐食性ガスを使用すると、これらの窓の光透過率が低下してくることも考えられるが、そのような場合には予め用意しておいた再生済みの窓ガラスと交換するだけでよく、新しく付け換えた窓ガラスを使用している間に使用済みの窓ガラスは研磨および表面処理するなどして再生することができ、粒子検出装置のランニングコストを低く抑えることができる。

【0032】次に、図3および図4に基づいて本発明の他の実施例を説明する。図3は平面図、図4は図3中のIV-IV線断面図である。この実施例では、散乱光を検出するフォトセンサの位置を変更して、検出の感度を高めている。図3および図4において、前記の実施例で説明した要素と実質的に同一の要素には同一の符号を付している。

【0033】粒子検出器ユニット14には、小型真空室4と嵌合する開口部14aが形成され、さらにその中空部31にレーザ出射ユニット32とコネクタ33が設けられる。レーザ出射ユニット32は、レーザダイオード1とコリメータレンズ3を内蔵する。コネクタ33とレーザダイオード1は電気配線で接続され、外部から供給される電力が、コネクタ33を通してレーザダイオード1に与えられる。開口部14aを間にして上記の中空部31と対向する反対側の部分には、光吸収器が配設される。本実施例では、2つの光吸収器34、35を備え、第1の光吸収器34は、レーザ出射ユニット32から出射されるレーザ光線2の光軸に対して例えば45°傾斜して配置され、第2の光吸収器35は、第1の光吸収器34で反射されたレーザ光線を受けるような箇所に配置される。2つの光吸収器34、35を設けることによりレーザ光線の吸収効率を高めている。

【0034】また光吸収器34、35が設けられた部分

には、さらに、光吸収器34の配置箇所の手前部分かつ開口部14a側の部分であってレーザ光線の光軸の周囲にフォトセンサ36が配置される。フォトセンサ36はその受光面がレーザ光線2の進行方向にほぼ直角になるように配置されている。フォトセンサ36の受光面は、その前面に光学フィルタ11を配置して、小型真空室4の内部空間に臨んでいる。またフォトセンサ36の後面にはクッションゴム37が配置される。

【0035】かかる粒子検出器ユニット14の構造に対し、その開口部14aに嵌合する小型真空室4の構造は基本的部分に関し前記実施例で説明したものと同一である。本実施例による小型真空室4における特徴的な構造は、前述した散乱光導出用窓を特別に設けず、レーザ光線導出用窓が散乱光導出用窓として兼用されることである。図4において、38はレーザ光線導出用窓兼散乱光導出用窓である。この窓38は比較的に広い面積で形成される。5はレーザ光線導入用窓、13はOリングである。

【0036】上記の実施例によれば、フォトセンサ36の上記配置箇所に基つき、図5に示すように、小型真空室4内の空間に進入した微粒子8にレーザ光線2が衝突することによって発生する散乱光のうち、レーザ光線の進行方向側におけるレーザ光線2の光軸と散乱光が形成する角度 θ において10°~70°の範囲に含まれる散乱光9を検出するようにしている。上記の角度範囲に含まれる散乱光の強度がもっとも大きいことに基づいて、このような散乱光を検出するべくフォトセンサ36の配置箇所が決定される。これにより検出効率を高めることができる。

【0037】なお、前記フォトセンサ36はレーザ光線の進行方向側に配置されたが、破線9'で示すような散乱光を検出対象として、前述の同一の角度範囲の散乱光を検出すべく後側側の位置に配置することも可能である。同様に、後側側における前記角度範囲に含まれる散乱光を検出すべく、周囲の任意の位置にフォトセンサを配置することも可能である。

【0038】

【発明の効果】以上の説明で明らかなように本発明によれば、半導体製造装置等の真空室に装着した小型真空室内部に飛来する微粒子の数と大きさを、小型真空室の外の大気側に設けた粒子検出器で検出するようにしたため、真空室内で使用するガスの種類やプロセス温度等に関係なく安定して塵等の微粒子の数と大きさを計測することができ、加えて粒子検出装置のメンテナンスや本体装置への設置を容易に行うことができる。またレーザ光線の光軸に対して所定の角度範囲で発生する散乱光を検出することにより、検出感度を向上することができる。またレーザ光線導出用窓と散乱光導出用窓を兼用することにより、粒子検出装置の構造を簡易化できる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明に係る粒子検出装置の要部構造を示す断

9

面図である。

【図2】粒子検出装置の組付け状態を説明するための外観斜視図である。

【図3】本発明に係る粒子検出装置の他の実施例を示す平面図である。

【図4】本発明に係る粒子検出装置の他の実施例の内部構造を示す図3中のIV-IV線断面図である。

【図5】散乱光の角度範囲を示す図である。

【符号の説明】

- | | |
|---|----------|
| 1 | レーザダイオード |
| 2 | レーザ光線 |
| 3 | コリメータレンズ |
| 4 | 小型真空室 |

5

6

7, 34, 35

8

9, 9'

10

11

12

13

10 14

14 a

38

用窓

10

レーザ光線導入用窓

レーザ光線導出用窓

光吸収器

微粒子

散乱光

散乱光導出用窓

光学フィルタ

フォトセンサ

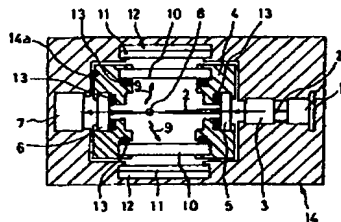
Oリング

粒子検出器ユニット

開口部

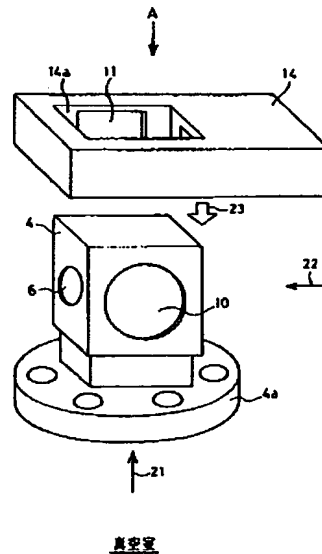
レーザ光導出用窓兼散乱光導出

【図1】

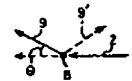


- | | |
|--------------|---------------|
| 1: レーザダイオード | 9: 散乱光 |
| 2: レーザ光線 | 10: 散乱光導出用窓 |
| 3: コリメータレンズ | 11: 光学フィルタ |
| 4: 小型真空室 | 12: フォトセンサ |
| 5: レーザ光線導入用窓 | 13: Oリング |
| 6: レーザ光線導出用窓 | 14: 粒子検出器ユニット |
| 7: 光吸収器 | 14a: 開口部 |
| 8: 微粒子 | |

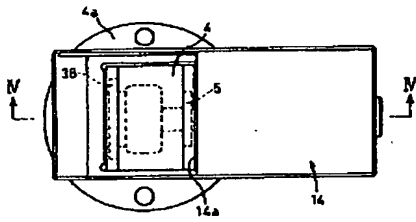
【図2】



【図5】



【図3】



【図4】

